

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Svařovací přípravek pro podsestavu drtiče kamene

Welding Jig for Stone - breaker's Subassembly

Student:

Lukáš Sondel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Sondel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: Svařovací přípravek pro podsestavu drtiče kamene
Welding Jig for Stone-breaker's Subassembly

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu VOP CZ s. p. navrhnete svařovací přípravek pro podsestavu drtiče kamene – bočnice pravá, o max. půdorysných rozměrech 3 000 x 5 000 mm a hmotnosti 1 200 kg. Při řešení vycházejte ze stávajícího výrobního programu.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci sklopného dorazu.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5 str., rozsah výkresové části min. 1 A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....
Lukáš Sondel

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Lukáš Sondel

Jméno a příjmení autora práce: Lukáš Sondel

Adresa trvalého bydliště: Poděbradova 8, Nový Jičín

74101

Česká Republika

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SONDEL, L. *Svařovací přípravek pro podsestavu drtiče kamene: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 57 s. Vedoucí práce: Ing. Noga Z., Csc.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem svařovacího přípravku pro podsestavu drtiče kamene, ve kterém je podsestava drtiče kamene (bočnice pravá) stehována. Úvodní část bakalářské práce seznamuje s historií firmy VOP CZ. Rešeršní část popisuje přípravky, jejich rozdělení a použití. Dále po zpracování požadavkového listu byla vytvořena funkční struktura a na tomto základě morfologická matice, ze které byl vybrán koncept a rozpracován do hrubé stavební struktury, a potom do úplné stavební struktury. V poslední části se bakalářská práce zabývá nezbytnými výpočty „upínky“.

Součástí bakalářské práce je funkční 3D model svařovacího přípravku s bočnicí pravou, výkres sestavy svařovacího přípravku, výkres sestavy s výrobními výkresy „sklopného dorazu“ a materiálové listy použité oceli.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

SONDEL, L. *Welding Jig for Stone-breaker's Subassembly: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 57 p. Thesis head: Ing. Noga Z., Csc.

Bachelor thesis presents construct design of Welding Jig for Stone-breaker's Subassembly in which the subassembly stone - breaker's (sidewall right) stitch. The introduction part of this thesis introduces the history of the company VOP CZ. Recherche part of the thesis describes jigs, their distribution and use. Furthermore after processing of requirement list it was created functional structure and on this basis the morfological matrix, from which it was chosen one concept and it was elaborated to rough structural conformation and then to the clear structural conformation. In the last part of the thesis deals with the calculation of the necessary „clamps“.

Part of my work is functional 3D model Welding Jig with sidewall right, assembly drawing welding jig, assembly drawing with production drawings „recline stopper“ and material list steels.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	8
1 HISTORIE PODNIKU VOP CZ, S. P.....	10
2 VÝTAH Z LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1 PŘÍPRAVKY	11
2.2 ROZDĚLENÍ PŘÍPRAVKŮ.....	11
2.2.1 <i>Dle použitelnosti</i>	11
2.2.2 <i>Dle operace</i>	12
2.2.3 <i>Dle způsobu upínání</i>	14
2.3 NÁVRH A KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU	15
2.3.1 <i>Přípravné práce</i>	15
2.3.2 <i>Konstrukční činnost</i>	15
2.4 MATERIÁL POUŽÍVANÝ NA PŘÍPRAVKY	16
2.5 ÚDRŽBA, OŠETŘENÍ, SKLADOVÁNÍ A EVIDENCE PŘÍPRAVKŮ	16
3 PODSESTAVA DRTIČE KAMENE – BOČNICE PRAVÁ	17
4 VYJASNĚNÍ A ROZPRACOVÁNÍ POŽADAVKŮ.....	19
4.1 ZADÁNÍ ÚKOLU	19
4.2 SPECIFIKACE POŽADAVKŮ – POŽADAVKOVÝ LIST	19
5 TRANSFORMAČNÍ PROCES.....	20
6 STANOVENÍ FUNKČNÍ STRUKTURY.....	21
6.1 TRANSFORMAČNÍ SCHÉMA	21
6.2 TECHNOLOGIE	21
6.3 TECHNICKÝ PROCES (POUZE HLAVNÍ TOK)	21
6.4 SEZNAM FUNKCÍ TECHNICKÉHO SYSTÉMU (PŘÍPRAVKU)	22
6.5 FUNKČNÍ STRUKTURA – HIERARCHICKÝ FUNKČNÍ STROM	22
6.6 FUNKČNÍ STRUKTURA – BLOKOVÉ SCHÉMA.....	23
7 STANOVENÍ ORGÁNOVÉ STRUKTURY.....	24
7.1 MORFOLOGICKÁ MATICE.....	24
7.2 ORGÁNOVÁ STRUKTURA (KONCEPČNÍ SCHÉMA).....	24
8 STANOVENÍ HRUBÉ STAVEBNÍ STRUKTURY.....	26
9 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PŘÍPRAVKU PRO BOČNICI PRAVOU	28
9.1 POPIS FUNKCE PŘÍPRAVKU	29
9.2 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU	29
9.2.1 <i>Podestavy</i>	32
9.2.2 <i>Základní svařence</i>	33
9.2.3 <i>Nakupované komponenty a normalizované součásti</i>	34
9.3 KONTROLA NAVRŽENÉ OTOČNÉ UPÍNKY	35
9.3.1 <i>Návrh a výpočet rozměrů pohybového šroubu</i>	35
9.3.2 <i>Výpočet výšky matice</i>	38
9.3.3 <i>Dimenzování páky</i>	38
9.3.4 <i>Kontrola ramene upínky na ohyb</i>	39
9.3.5 <i>Kontrola svaru ramene</i>	40
9.4 PEVNOSTNÍ ANALÝZA OTOČNÉ UPÍNKY	41
9.5 POSTUP STEHOVÁNÍ DÍLŮ V PŘÍPRAVKU	43
9.6 POUŽITÝ MATERIÁL.....	43
10 ZÁVĚR.....	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ.....	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK.....	49
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

Seznam použitých značek a symbolů

3D – Označení pro speciální část počítačové grafiky, která pracuje s trojrozměrnými objekty

2D – Dvourozměrný obrazec, jehož body se nacházejí v rovině

ČSN – Česká technická norma

DIN – Německá národní norma

EN – Norma Evropské komise pro normalizaci

F	síla lidské paže	[N]
F ₀	osová síla	[N]
F _{TZ}	vodorovná složka reakce	[N]
H ₁	nosná hloubka závitu	[mm]
L _P	délka páky	[mm]
L _{Pram}	délka ramene	[mm]
M _{TZ}	třecí odpor závitu v matici	[Nmm]
M _o	ohybový moment deformující těleso	[Nmm]
N _h	normohodina	[hod]
P	rozteč závitu	[mm]
Re	mez kluzu	[MPa]
S	obsah plochy	[mm ²]
W _o	průřezový modul v ohybu	[mm ³]
a	šířka	[mm]
a ₁	šířka svaru	[mm]
b	šířka	[mm]
m	hmotnost	[kg]
d ₁	velký průměr závitu šroubu	[mm]
d ₂	střední průměr závitu šroubu	[mm]
d ₃	malý průměr závitu šroubu	[mm]

d_p	průměr páky	[mm]
f_z	součinitel smykového tření v závitu	[-]
h	výška	[mm]
l	délka	[mm]
k_s	součinitel statické bezpečnosti	[-]
k_3	součinitel koutového svaru	[-]
k_4	součinitel koutového svaru	[-]
p_D	měrný tlak	[MPa]
z	počet závitů	[-]
σ_D	dovolené napětí	[MPa]
σ_d	namáhání v tlaku	[MPa]
σ_{oD}	dovolené napětí v ohybu páky	[MPa]
σ_{oDram}	dovolené napětí v ohybu ramene	[MPa]
σ_o	namáhání páky na ohyb	[MPa]
σ_{oram}	namáhání ramene na ohyb	[MPa]
σ_{red}	Guestova hypotéza	[MPa]
Ψ	úhel stoupání šroubovice závitu	[°]
α	úhel pro metrický závit	[°]
β	koefficient velikosti krutu na výsledné namáhání šroubu	[-]
φ'	třecí úhel	[°]
τ	smykové napětí	[MPa]

1 Historie podniku VOP CZ, s. p.

Historie podniku začíná v roce 1946, kdy z původní zbrojnice s 18 zaměstnanci postupně vznikaly dílny, kde se prováděly opravy vojenské techniky. [1]

Od roku 1952 se podnik zaměřil na opravy tanků, nejprve to byly tanky T-34, následně typy T-54 a T-55. [1]

Od roku 2009 probíhala výroba 107 kolových obrněných vozidel PANDUR II 8x8 CZ, včetně vlastního vývoje průzkumné, zdravotnické a velitelské verze. [1]



Obr. 1 Pandur II 8x8 CZ [1]

Současná nabídka podniku je vojenská pozemní technika, strojírenská výroba a aktivity v oblasti výzkumu a vývoje. [1]



Obr. 2 Šasi podvozku [1]



Obr. 3 Lžice bagru [1]

2 Výtah z literární rešerše

2.1 Přípravky

Přípravky jsou speciální výrobní pomůcky, které usnadňují výrobu, zvětšují produktivitu, hospodárnost a bezpečnost výroby. Slouží k ustavení, bezpečnému a rychlému upnutí výrobku, k snížení zmetkovitosti, dosažení požadované geometrické přesnosti a drsnosti povrchu výrobku, spolehlivé a správné ustavení výrobku, dosažení vzájemné polohy výrobku a nástroje na výrobním stroji i omezují nepřesnost výroby. Dále snižují výrobní časy, zvyšují produktivitu práce. Zabezpečují plynulou návaznost jednotlivých operací, snižují fyzickou námahu dělníka. [2], [3], [4], [5], [6]

Složitost a tvar provedení přípravku je závislá na počtu sérií, pro který je určen přípravek. Pro malý počet výrobků jsou přípravky jednodušší a tím i levnější, naopak pro velké série jsou dokonalejší přípravky. [2], [3], [4], [5], [6]

Poloha ustavení výrobku se nesmí měnit během operace. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 4 Příklad svařovacího přípravku [7]

2.2 Rozdělení přípravků

2.2.1 Dle použitelnosti

V dnešní době se vyskytují přípravky víceúčelové, jednoúčelové, stavebnicové a univerzální. Liší se od sebe funkční, konstrukční a výrobní složitostí. [2], [3], [4], [5], [6]

- **Jednouúčelové přípravky:**

Jednouúčelový přípravek se navrhuje pro sériovou výrobu jedné součásti, kterou neměníme rozměrově, technologicky ani tvarově. Hlavní výhodou je dosažení velké tuhosti. [2], [3], [4], [5], [6]

- **Víceúčelové (univerzální) přípravky**

Slouží k upnutí tvarově a technologicky podobných výrobků různých velikostí. Mezi univerzální přípravky patří sklíčidla, strojní svěráky, trny, otočné stoly. Tato skupina přípravků lze použít jak pro výrobu malosériovou, tak pro kusovou. [2], [3], [4], [5]

- **Stavebnicové přípravky:**

Sestavují se z univerzálních dílů a po skončení výroby se rozmontovávají a použijí na jiný přípravek. Používají se především v malosériové výrobě. [2], [3], [4], [5], [6]

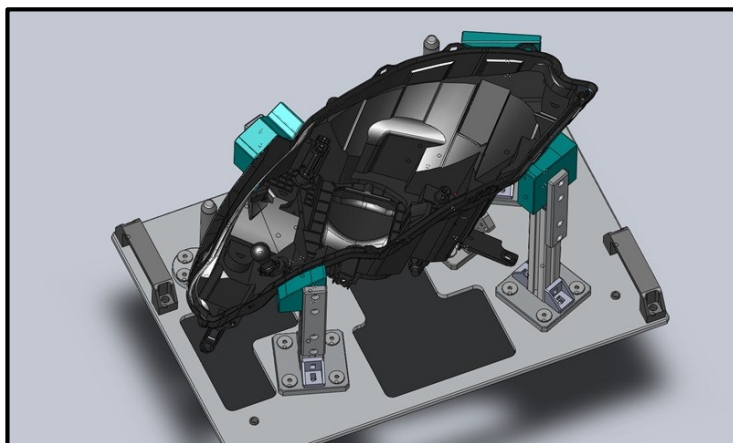
2.2.2 Dle operace

- **Obráběcí přípravky**

Slouží k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji. [2], [3], [4], [5], [6]

- **Montážní přípravky**

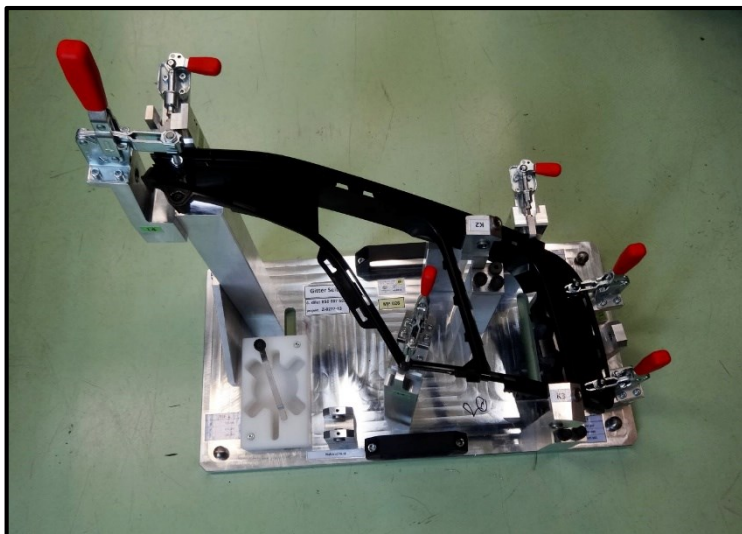
Umožňují nám jednodušší spojení sdružených částí a montážních jednotek složeného výrobku. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 5 Montážní přípravek světlometu [8]

- **Kontrolní přípravky**

Využívají se ke kontrole správnosti tvarů a rozměrů. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 6 Kontrolní přípravek [9]

- **Svařovací přípravky**

Do nich se v jednoznačně dané vzájemné poloze upnou díly určené ke svaření a následně se svaří. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 7 Svařovací přípravek [7]

- **Pomocné a doplňkové přípravky**

Zde patří nástroje a pomůcky, které jsou určené k obrábění ploch velmi speciálních tvarů a lze je obrábět na běžných strojích, pouze s přídatným zařízením. Například řezání proměnného stoupání u závitů. Lze zde zařadit pomocná zařízení pro vkládání nebo vyjímání velmi těžkých součástí do stroje nebo také k přemísťování součástí po výrobní hale. [2], [3], [4], [5], [6]

2.2.3 Dle způsobu upínání

Podle způsobu upínání rozdělujeme přípravky na upínání ruční, pneumatické, hydraulické, elektromagnetické. [2], [3], [4], [5], [6]

- **Přípravky s ručním upínáním:**

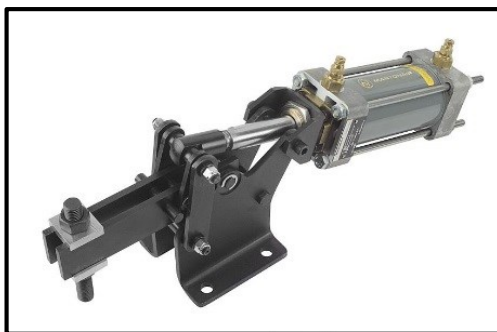
Ruční upínání je řešeno tak, aby fyzická námaha, kterou musí vynaložit dělník, byla co nejmenší a doba k upnutí byla co nejkratší. [2], [3], [4], [5], [6]

- **Přípravky s mechanickým upínáním:**

K upínání výrobku lze použít různé typy mechanické síly. Mezi ně patří pneumatické, hydraulické a elektromagnetické upínače. [2], [3], [4], [5], [6]

Pneumatické upínače

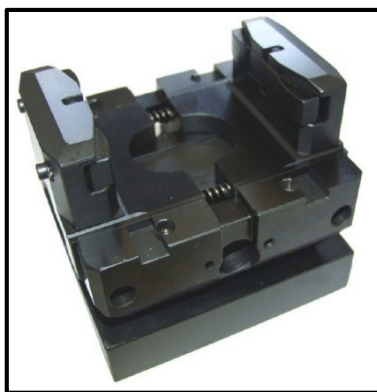
Pracují na principu stlačeného vzduchu. Pneumatické upínací přípravky snadno a rychle upínají, obsluhují a vytváří konstantní upínací sílu. Mezi nevýhody patří, že pro vyvození velké síly potřebujeme velké zařízení. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 8 Pneumatický upínač [4]

Hydraulické upínače

Slouží k upínání velkými silami, za pomoci hydraulického tlaku. Mezi nevýhody patří, že upínací přípravek je rozměrnější a dražší. [2], [3], [4], [5], [6]



Obr. 9 Hydraulická upínací jednotka [4]

Elektromagnetické upínače

U elektromagnetických upínačů elektromagnet vyvolá upínací sílu. Používá se hlavně u tenkých součástek. Hlavní výhodou je rychlost, jednoduchost a můžeme upnout více součástek najednou. U upínačů jsou budící cívky omotány v těle upínače kolem permanentního magnetu a až po zapnutí samotného upínače se vytvoří elektromagnetické pole. [2], [3], [4], [5], [6]

2.3 Návrh a konstrukce přípravku

Při konstrukci přípravku musí mít konstruktér k dispozici výrobní výkres součásti, výrobní postup, někdy i výkres polotovaru součásti (výkovek, odlitek). Složitost, provedení a tvar přípravku jsou závislé na velikosti série výrobku. Přípravky by měly být jednoduché, účelné, spolehlivé, musí také splňovat požadavky kladené na jeho správnou funkci. Nesmí příliš zdražovat výrobu, to znamená, že cena má být co nejnižší. Při konstrukci přípravku je vhodné co nejvíce používat normalizované součásti. [2], [3], [4], [5], [6]

Práce, které jsou důležité ke správné konstrukci přípravků, můžeme rozdělit na přípravné práce a konstrukční činnost. [2], [3], [4], [5], [6]

2.3.1 Přípravné práce

- Konstruktér si nejdříve prostuduje podklady, funkci součásti a informace o výrobě. Pokud se budou vyrábět rozměrově a tvarově podobné součásti, pak by měl navrhnout univerzální přípravek. [2], [3], [4], [5], [6]
- Dále si prostuduje výrobní výkres. S technologem probere výrobní postup součásti. [2], [3], [4], [5], [6]

Musí respektovat velikost a tvar pracovní plochy na pracovním stole, manipulaci s přípravkem po dílně, upnutí výrobku do přípravku. [2], [3], [4], [5], [6]

2.3.2 Konstrukční činnost

Ze získaných informací začne konstruktér navrhovat přípravek. Vymezí si místa, pomocí kterých lze provést upnutí, aby nedošlo k deformaci výrobku. [2], [3], [4], [5], [6]

2.4 Materiál používaný na přípravky

Materiál přípravků musí splňovat určité požadavky. Při volbě konstrukčních materiálu musíme brát zřetel na odolnost proti opotřebení, na dostatečnou pevnost a pružnost, minimální hmotnost při největší tuhosti. Aby se s ním dalo manipulovat po výrobní hale, životnost, počet vyráběných výrobků v přípravku, požadovaná přesnost přípravku, pracovní prostředí, ve kterém bude přípravek vyráběn. [2], [3], [4], [5], [6]

Všechna hlediska, která popisují je nutné při návrhu konstrukce dodržet. [2], [3], [4], [5], [6]

2.5 Údržba, ošetření, skladování a evidence přípravků

Přípravky se vyrábějí v nástrojárně a musí mít přiřazeno číslo, které vyjadřuje určení, jeho druh a pořadí. [2], [3], [4], [5], [6]

Důležitou zásadou pro konstrukci přípravku je možnost vyměnitelnosti zdeformovaných a opotřebovaných částí přípravku. Stav přípravku podléhá pravidelným kontrolám. Kontroluje se především opotřebení, vadné části, ovládací prvky a úplnost přípravku. [2], [3], [4], [5], [6]

K evidenci a skladování přípravků slouží sklady. Skladují se v paletách uložených do výškových regálů pomocí regálového zakladače. Na přípravek se vyznačuje druh, číslo přípravku a číslo výkresu vyráběné součásti v přípravku. [2], [3], [4], [5], [6]

3 Podsestava drtiče kamene – bočnice pravá

Dále se bude bakalářská práce zabývat přípravkem pro podsestavu násypky (bočnice pravá) mobilního drtiče kamene typu MR 110 Z EVO 2.

Firma VOP CZ mi poskytla 3D model bočnice pravé a podle zadaných parametrů mám navrhnout svařovací přípravek pro bočnici pravou, který se bude následně vyrábět.

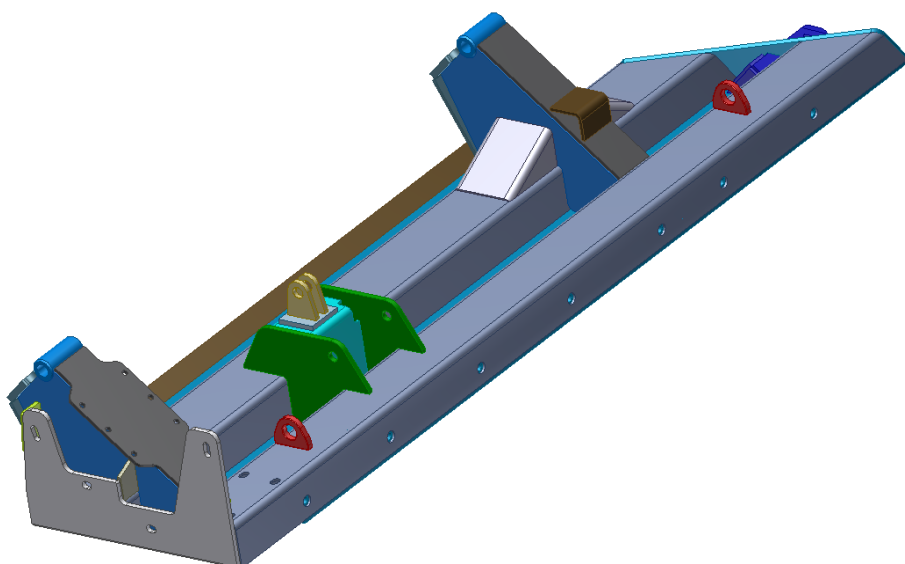
Bočnice pravá má rozměry 3248 x 880 mm



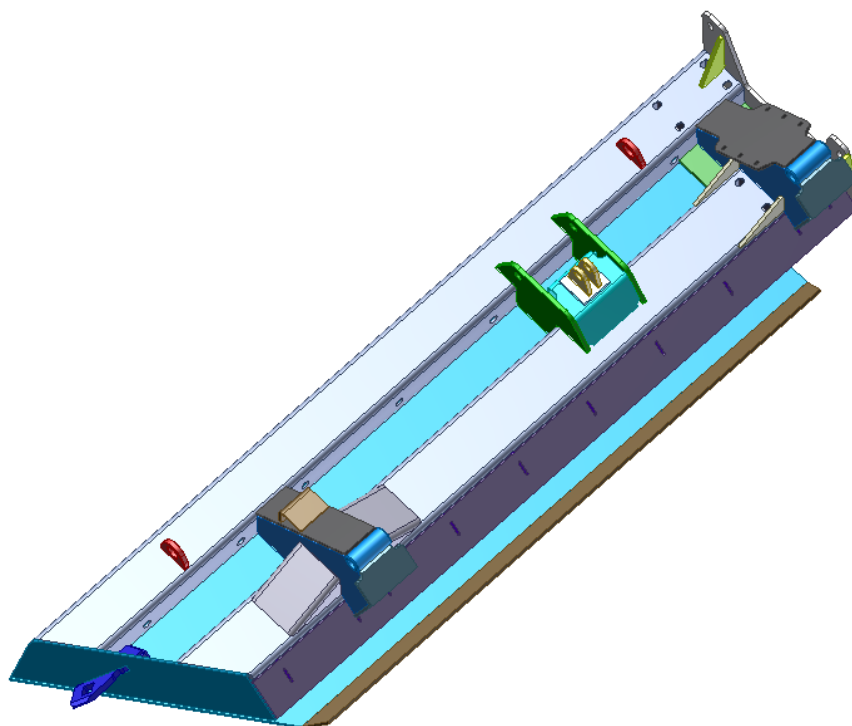
Obr. 10 Drtič kamene [17]



Obr. 11 Bočnice pravá [17]



Obr. 12 3D model bočnice pravé [1]



Obr. 13 3D model bočnice pravé [1]

4 Vyjasnění a rozpracování požadavků

4.1 Zadání úkolu

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout svařovací přípravek pro podsestavu drtiče kamene. V bakalářské práci byl použit metodický přístup ke konstruování. Základem bylo přesně stanovit požadavky, které má svařovací přípravek splňovat. Vyhneme se tak problémům (konstrukční, funkční, diagnostický), které bychom museli řešit, po zanedbání následujících kroků.

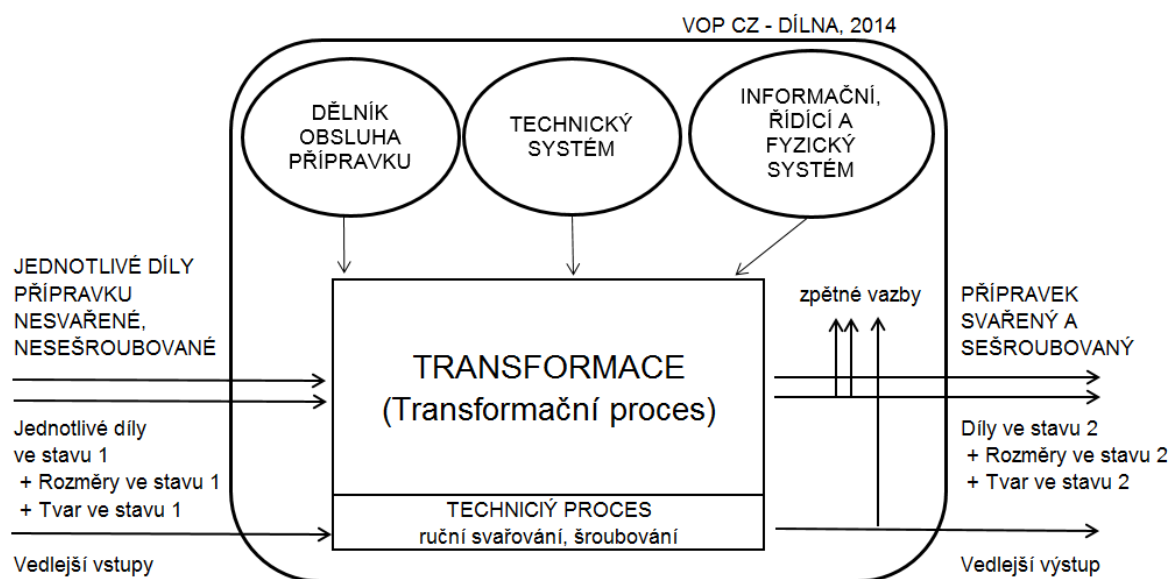
4.2 Specifikace požadavků – požadavkový list

POŽADAVKOVÝ LIST	
FUNKČNÍ PARAMETRY:	Maximální rozměry půdorysu 3 000 mm x 5 000 mm Hmotnost do 1 200 kg Přípravek vybavit oky pro manipulaci jeřábem po hale
PROVOZ:	Četnost používání - časté Požadovaná životnost - minimálně 5 let Minimální údržba Pracovní prostředí - prašné
ERGONOMIE:	Bezpečnost proti poranění Snadná obsluha Minimální skladovací prostor Vysoká stabilita (bezpečnost proti převržení)
PŘEDPISY A NORMY:	Bez porušení patentových práv Nejsou zvláštní předpisy a normy Používat normalizované součásti
VÝROBA:	Kusová
EKONOMIE:	Výrobní cena přípravku do 350.000 Kč Minimální náklady na údržbu
POŽADAVKY NA SVAŘOVÁNÍ:	Svářečský personál dle ISO 287-1 Střední stupeň jakosti svařování dle ISO 5817-C

Tab. 1 Požadavkový list

5 Transformační proces

Hlavním cílem tohoto procesu je dosáhnout určitého stavu objektu transformace. Transformační proces je umělý proces, ve kterém měníme stav výrobku. Změny tohoto stavu dosáhneme vhodnou technologií. Ovlivňující faktory procesu (operátory procesu) jsou: člověk – dělník, vědění, řízení a okolí (čas a místo). Model transformace je znázorněn na obr. 14.



Obr. 14 Model transformace

Operand: Objekt, který transformujeme, mění svůj stav od výchozího stavu na vstupu, ke konečnému stavu na výstupu. Operand je pasivní člen systému. [19]

Transformace: Proces, který mění určité vlastnosti objektu. Transformace vzniká vzájemným působením mezi výrobkem a transformačními prostředky. Transformace je vyvolána potřebou, jejíž uspokojení vyžaduje, aby operand byl ve stavu druhém. [19]

Technologie: Udává, jakým způsobem změnu dosáhneme, operace a jejich sled. [19]

6 Stanovení funkční struktury

Ve funkční struktuře jsou dány jednotlivé úkoly, které musí technický systém splnit.

6.1 Transformační schéma

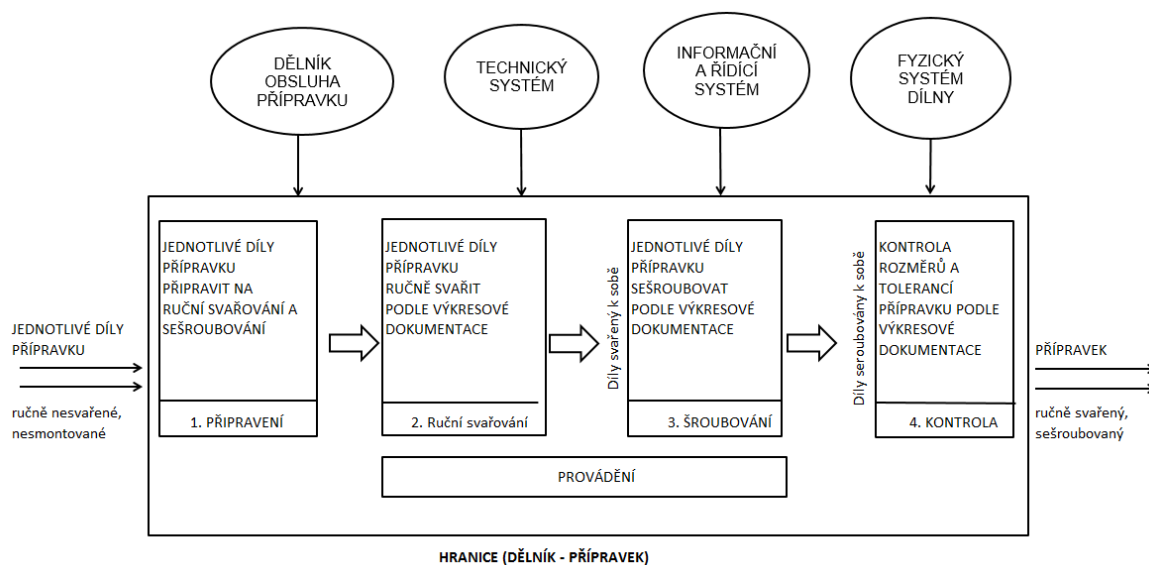


Obr. 15 Funkční schéma

6.2 Technologie

Jednotlivé díly přípravku jsou ručně svařeny, sešroubovány.

6.3 Technický proces (pouze hlavní tok)

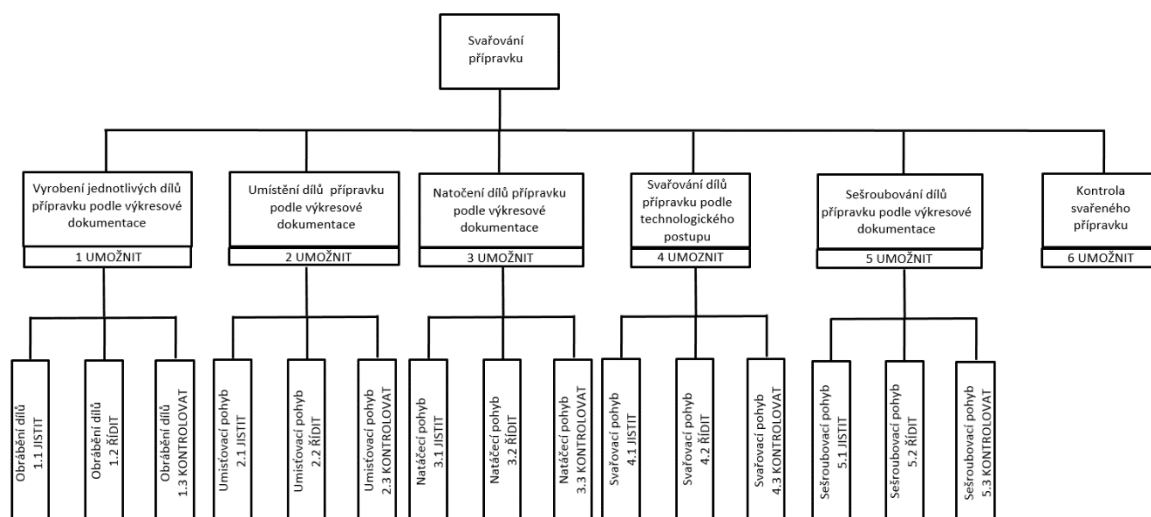


Obr. 16 Technický proces

6.4 Seznam funkcí technického systému (přípravku)

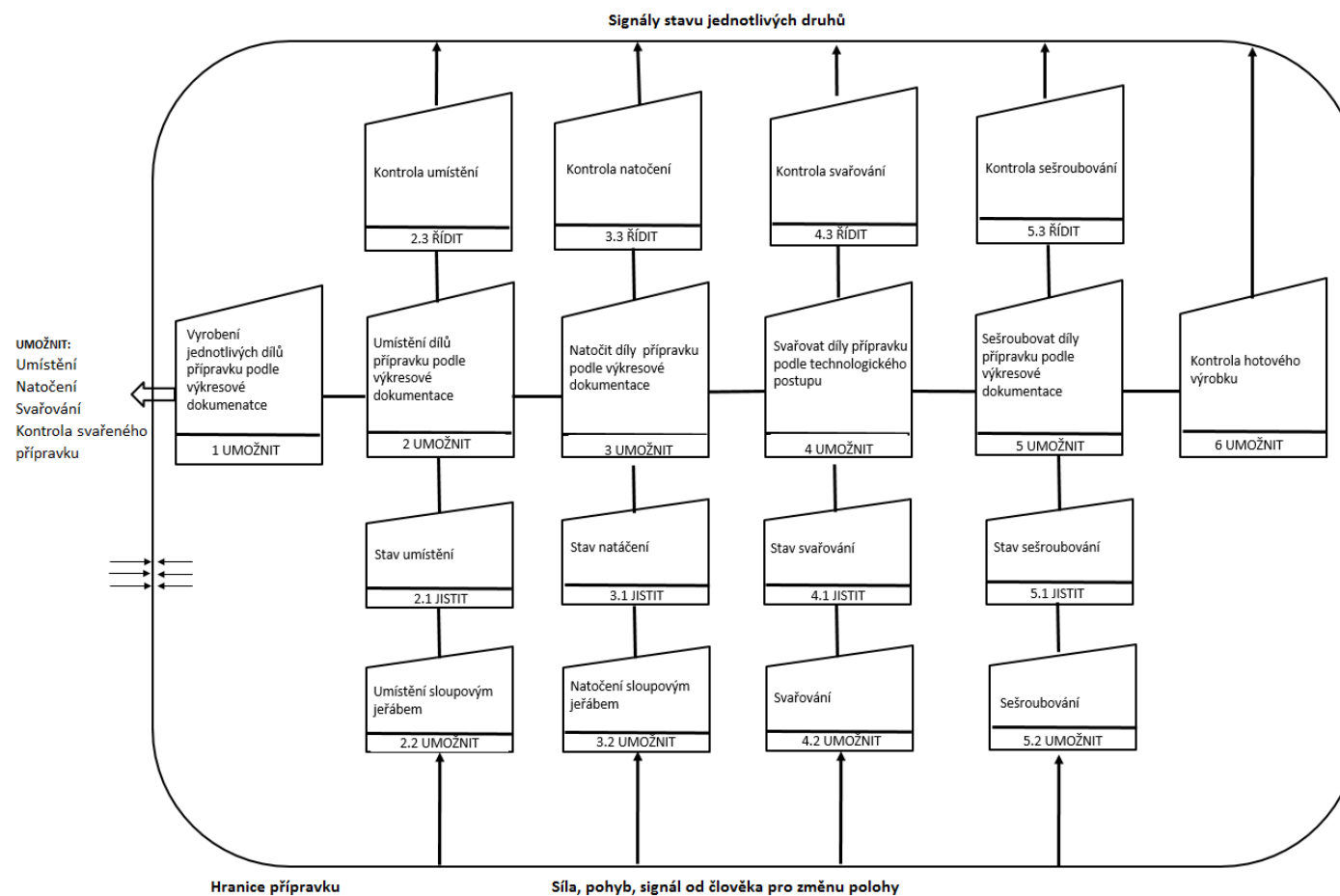
1. Přípravek musí umožnit vložení jednotlivých dílů výrobku do přípravku v daném pořadí podle technologického postupu (viz Příloha B) pomocí otočného sloupového jeřábu.
2. Přípravek musí zabezpečit, aby nedošlo k otočení a tím špatnému vložení jednotlivých dílů výrobku.
3. Přípravek musí umožnit vložení a upnutí jednotlivých dílů výrobku pomocí mechanických upínek, rychloupínek, dorazů, vzornic, podložek.
4. Přípravek musí umožnit kontrolu vložení a umístění jednotlivých dílů výrobku do přípravku.
5. Přípravek musí umožnit stehování jednotlivých dílů výrobku.
6. Přípravek musí umožnit kontrolu rozměrů po nastehování jednotlivých dílů v přípravku.
7. Přípravek musí umožnit vyjmutí výrobku po stehování za pomoci mostového jeřábu. Jestliže zabraňují dorazy vyjmutí výrobku z přípravku, musí být doraz navržen tak, aby se dal odklopit, odsunout, popřípadě vytočit.

6.5 Funkční struktura – hierarchický funkční strom



Obr. 17 Funkční struktura - hierarchický funkční strom

6.6 Funkční struktura – blokové schéma



Obr. 18 Organová struktura – blokové schéma

7 Stanovení orgánové struktury

7.1 Morfologická matice

MORFOLOGICKÁ MATICE				
DÍLČÍ FUNKCE		FUNKČNÍ PRINCIPY/ORGÁNY - NOSITELÉ FUNKCÍ		
		1	2	3
1.	Přemístění přípravku po dílně	Mostový jeřáb	Vysokozdvížený vozík	
2.	Manipulace přípravku	Řetěz	Textilní popruh	Magnetické upínače
3.	Vložení dílů do přípravku	Mostový jeřáb	Sloupový jeřáb	
4.	Natočení dílů v přípravku	Mostový jeřáb	Sloupový jeřáb	
5.	Upínání přípravku	Závěsný šroub	Manipulační oko	
6.	Umístění přípravku pro práci dělníka	Stůl SIEGMUND	Samostatné nohy	Stůl DEMMELER
7.	Upínací zařízení	Hydraulické	Pneumatické	Mechanické
8.	Upnutí výrobku do přípravku	Upínací klín	Šrouby	Rychloupínka
9.	Svařování dílů	Ruční svařování	Svařovací robot	
10.	Měření délek	Ocelový svinovací metr	Posuvné měřítko	
11.	Měření kolmosti	Úhelník		

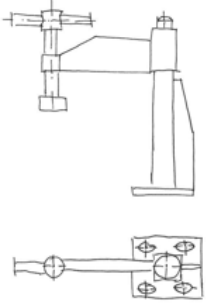
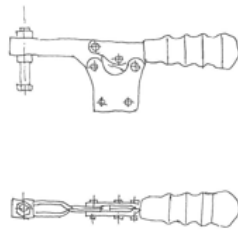
Tab. 2 Morfologická matice

7.2 Orgánová struktura (koncepční schéma)

Kritéria pro hodnocení

- Přesné, spolehlivé upnutí jednotlivých dílů do přípravku, aby nedošlo k posunutí těchto dílů při stehování
- Maximální hmotnost přípravku 1 200 kg
- Výrobní cena do 350.000 Kč
- Další kritéria viz požadavkový list

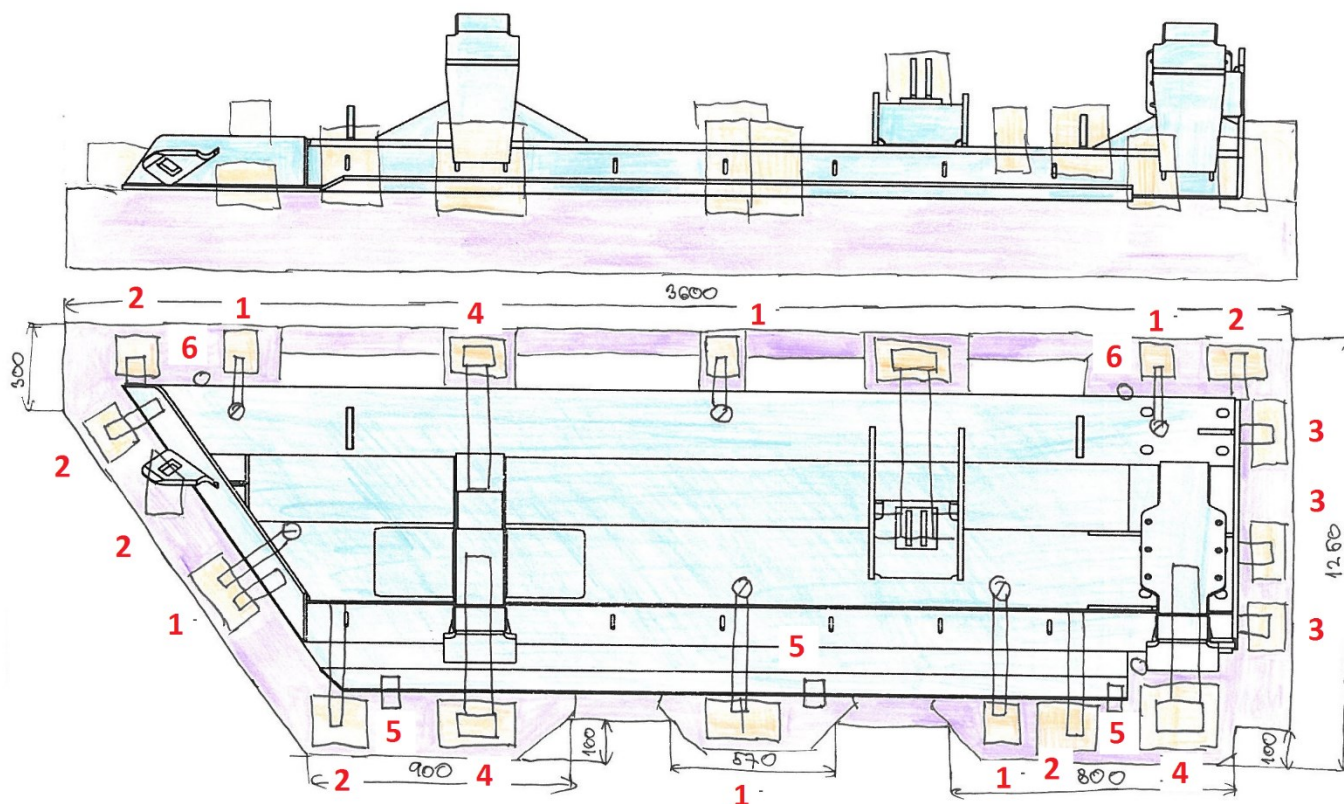
V morfologické matici jsem vypracoval dvě možné kombinace (označil jsem je oranžovou a modrou barvou) řešeného problému. V tabulce č. 3 jsem vyhodnotil, který ze dvou konceptů A, B je výhodnější. Jednotlivé funkce jsem známkoval od jedné do pěti (jednička znamená nejlepší). Pomocí tohoto systému známkování jsem vyhodnotil, že výhodnější je koncept A.

Orgánová struktura		Koncept A oranžová barva	Koncept B modrá barva
		 <p>Upnutí dílů v přípravku pomocí šroubů</p>	 <p>Upnutí dílů v přípravku pomocí rychloupínky</p>
Kombinace orgánů nositelů funkcí	Fce 1	1	2
	Fce 2	2	2
	Fce 3	1	2
	Fce 4	1	2
	Fce 5	1	2
	Fce 6	1	2
	Fce 7	1	1
	Fce 8	1	3
	Fce 9	1	1
	Fce 10	1	1
	Fce 11	1	1
Hrubé hodnocení	Technické nedostatky	-	-
	Výrobní náklady	2	3
Součet bodů		14	22
Celkové pořadí		1.	2.

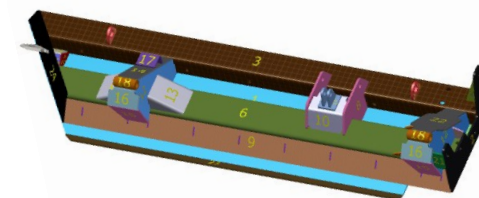
Tab. 3 Orgánová struktura (koncepční schémata)

8 Stanovení hrubé stavební struktury

Bočnice pravá má rozměry 3248 x 880 mm



Obr. 21 Stanovení hrubé stavební struktury

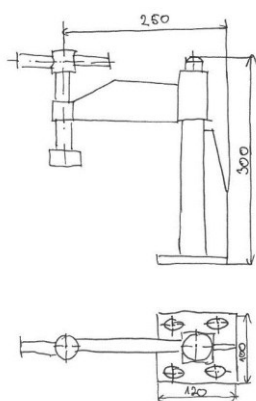


Obr. 20 3D model bočnice pravé

Modra barva: bočnice pravá

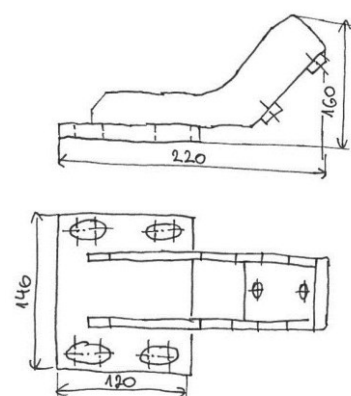
- 1) Upínka
- 2) Doraz
- 3) Doraz + upínka
- 4) Sklopný doraz
- 5) Podložka
- 6) Doraz

1) Upínka



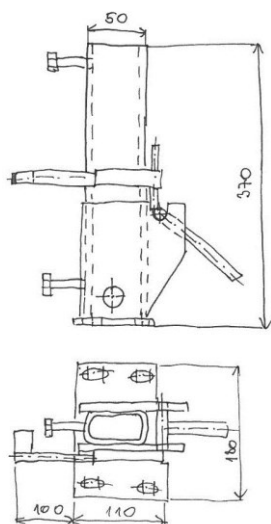
Obr. 23 Upínka - hrubá stavební struktura

2) Doraz



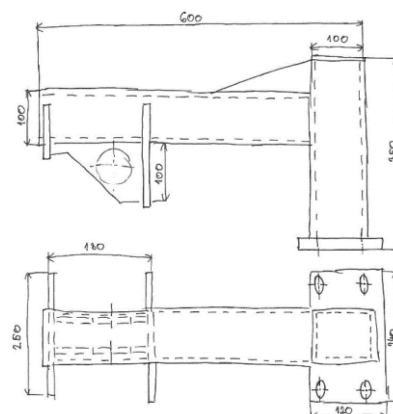
Obr. 22 Doraz - hrubá stavební struktura

3) Doraz + upínka



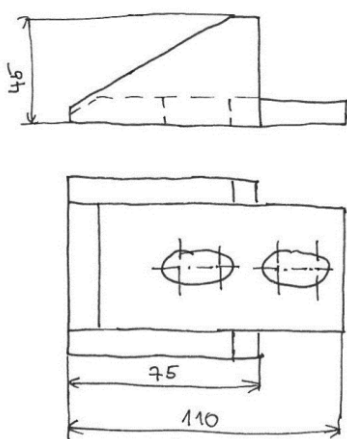
Obr. 25 Doraz + upínka - hrubá stavební struktura

4) Sklopný doraz



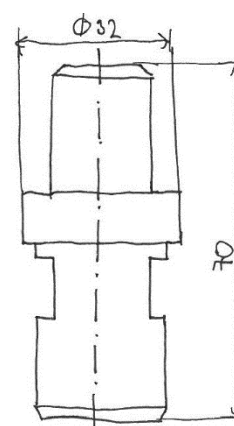
Obr. 24 Sklopný doraz - hrubá stavební struktura

5) Podložka



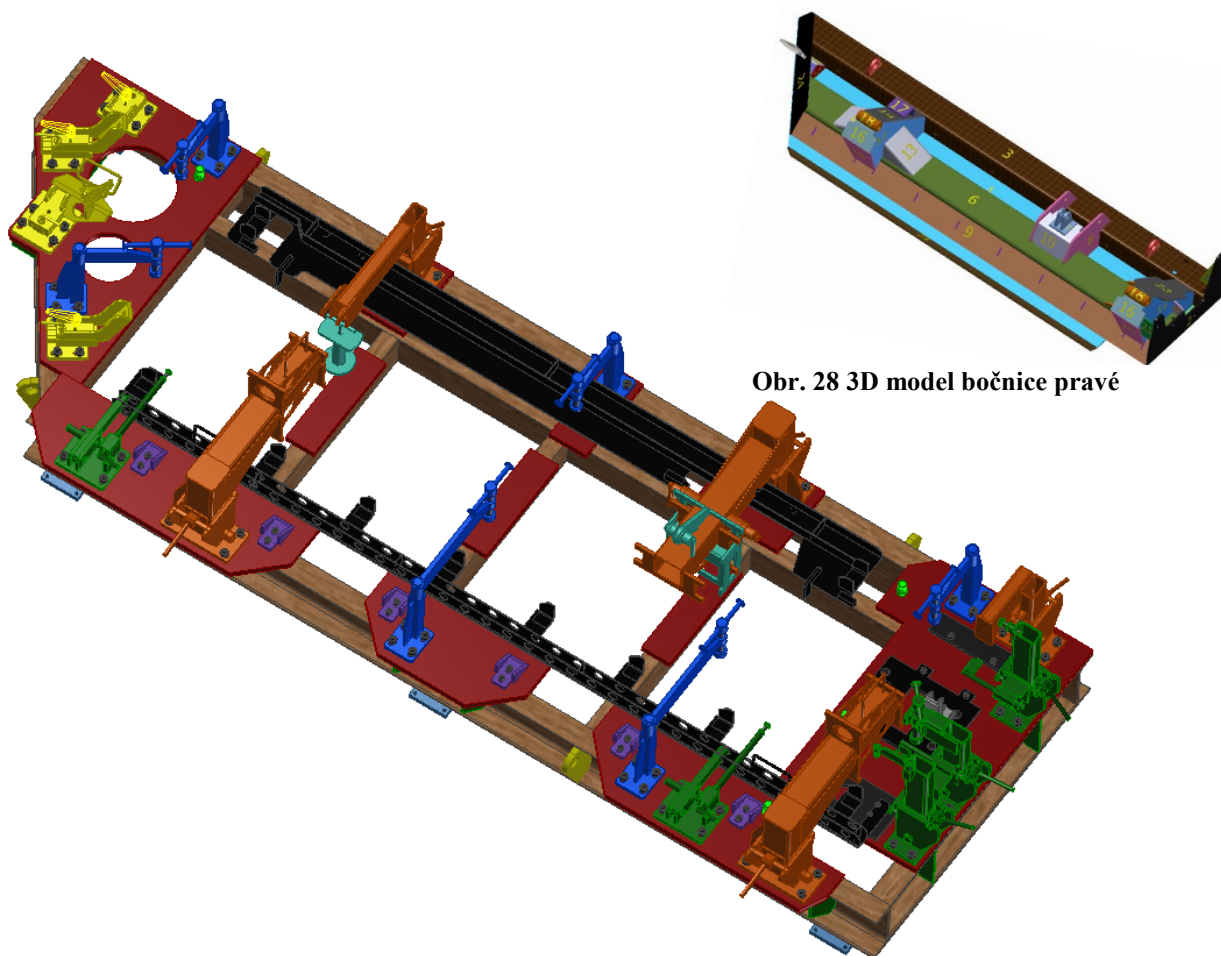
Obr. 27 Podložka - hrubá stavební struktura

6) Doraz



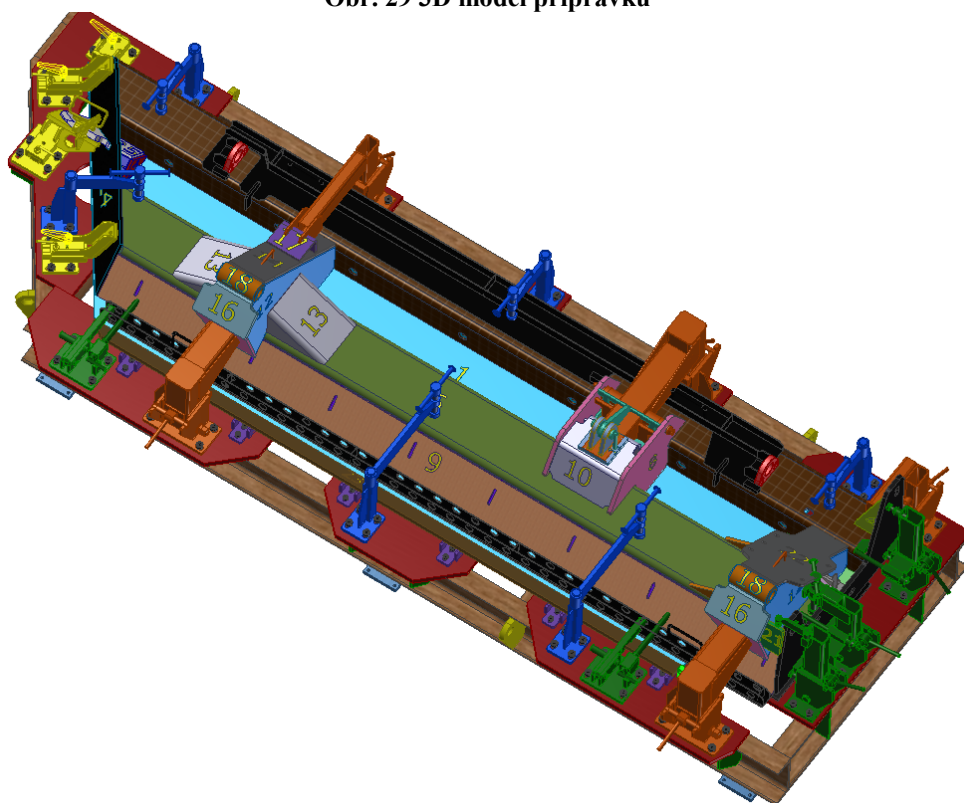
Obr. 26 Doraz - hrubá stavební struktura

9 Konstrukční řešení přípravku pro bočnici pravou



Obr. 28 3D model bočnice pravé

Obr. 29 3D model přípravku



Obr. 30 3D model přípravku s bočnicí pravou

9.1 Popis funkce přípravku

Přípravek je zkonstruován tak, aby zajistil postupné vkládání, upnutí a stehování jednotlivých dílů bočnice pravé v předepsané toleranci a nakonec vytažení celé bočnice z přípravku. Pro vytažení bočnice z přípravku jsou navrženy některé dorazy sklopné, posuvné nebo volně vložené. Pořadí vkládaných dílů určuje technolog na základě provedení všech svarů a přístupnosti k nim a také tepelného ovlivnění výrobku¹ a je zapsáno v příslušném technologickém postupu výrobku (viz Příloha B). První díl bočnice je položen do přípravku na opracované podložky a doražen na 3 dorazy rotačního tvaru (*obr. 32 pozice 7*). Na tento díl jsou postupně ustavovány pomocí dorazů další díly a podsestavy bočnice. Jsou upnuty a stehovány. Některé díly bočnice jsou ustaveny pomocí vložených stehovacích vzornic (*obr. 32 pozice 8*) a jsou upínány pomocí ručních svěrek². Pro manipulaci s těžšími nebo rozměrnějšími díly bočnice se používá otočný sloupový jeřáb o nosnosti 500 kg.

Přípravek váží 941 kg a skládá se z 920 dílů.

V přípravku se má vyrobit 70 kusů bočnic pravých za rok.

9.2 Konstrukce přípravku

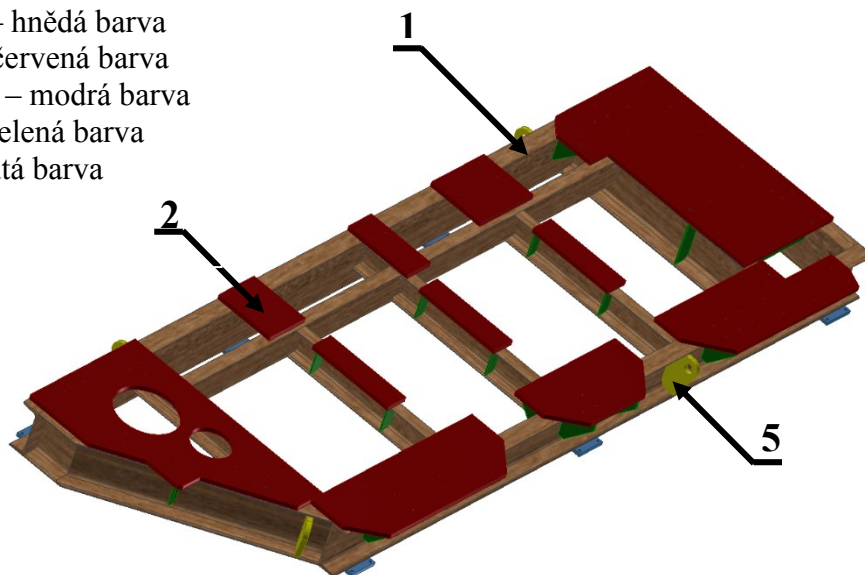
Základem pro celý svařovací přípravek je tuhý rám, který je svařen z jednotlivých U profilů (*obr. 30 pozice 1*). Na horní ploše rámu jsou pod jednotlivými dorazy, upínkami, podložkami navařeny desky (*obr. 30 pozice 2*). Na spodní straně rámu jsou po obvodě opět navařeny podložky (*obr. 31 pozice 3*), které po opracování slouží jako rovina pro položení na stoly SIEGMUND, nebo pro přišroubování samostatných noh. Pro další vyztužení jsou navařeny pod horními deskami do U profilů žebra (*obr. 31 pozice 4*) a 4 oka (*obr. 30 pozice 5*) pro manipulaci s přípravkem pomocí jeřábu. Tvarované desky, žebra a podobně, jsou vypáleny z plechu na laserovém stroji (do tloušťky 15 mm) nebo na pálicím stroji metodou kyslík – acetylén (až do tloušťky 100 mm). Celý rám je po svaření opracován nejdříve ze spodní strany. Tato strana se tak stane základnou pro upnutí při opracování horních desek, které jsou podle výkresové dokumentace zfrézovány do roviny na požadovanou tloušťku, jsou vyvrtány díry pro jednotlivé dorazy a vyřezány závitové díry

¹ Aby nedošlo v některé oblasti k nahromadění tepla ze svařování a pozdější nežádoucí deformaci při ochlazování

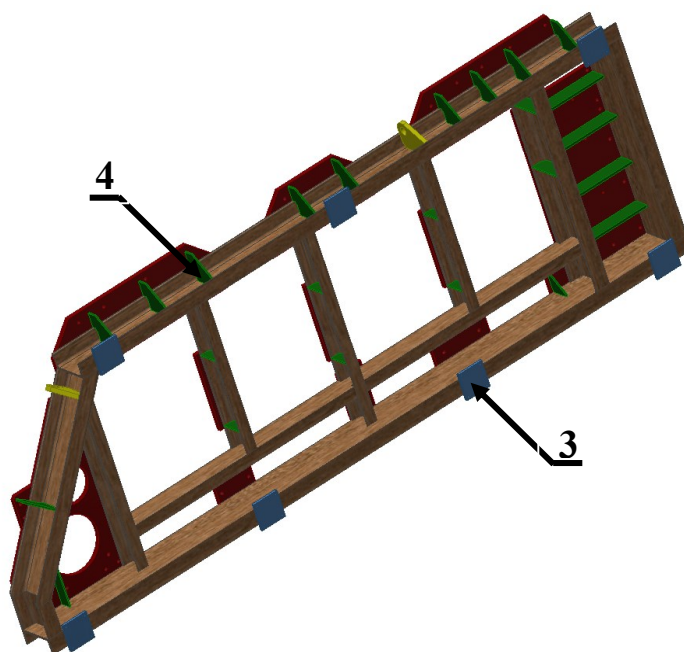
² Rychloupínací svěrky BESSEY, upínání a odepínání jednou rukou, upínací síla až 8 000 N

pro přišroubování upínek, dorazů a podobně. Po opracování a přeměření je rám natřen kromě opracovaných ploch, základním antikorozním nátěrem.

U profil – hnědá barva
 Desky – červená barva
 Podložky – modrá barva
 Žebra – zelená barva
 Oka – žlutá barva



Obr. 32 Rám přípravku



Obr. 31 Rám přípravku

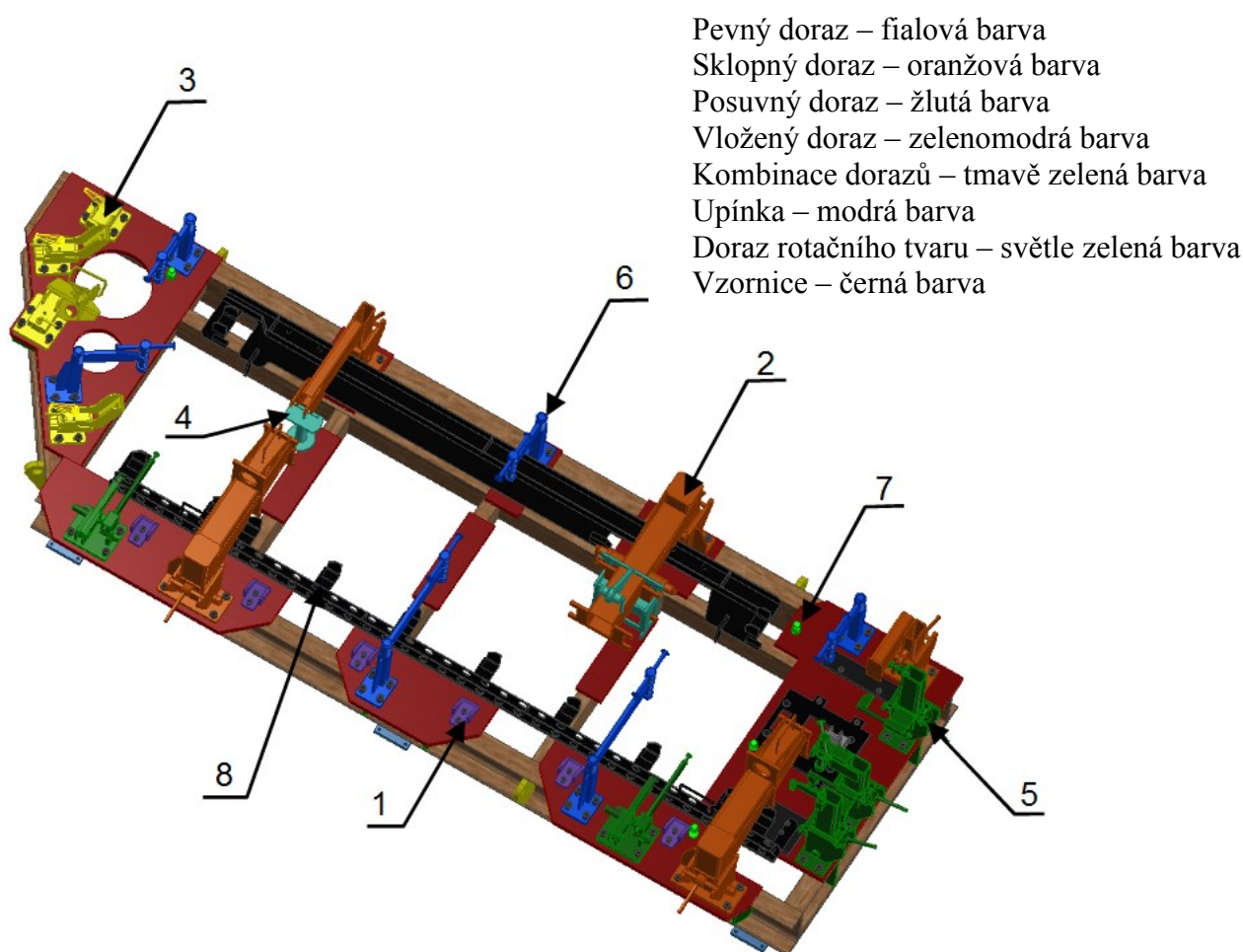
Důležitou součástí přípravku jsou dorazy. Ty jsou podle jednotlivých případů voleny jako pevné (*obr. 32 pozice 1*), sklopné (*obr. 32 pozice 2*), posuvné (*obr. 32 pozice 3*), vložené (*obr. 32 pozice 4*) a jejich kombinace (*obr. 32 pozice 5*). Jsou navrženy tak, aby se daly jednoduchým způsobem seřadit a popřípadě přenastavit tak, aby po zavaření a vychladnutí byla bočnice pravá v požadovaných rozměrech dle výrobní dokumentace. U sklopných dorazů je zvoleno upínání sklopné části pomocí excentrů (*obr. 33 pozice 5*). Tím je docíleno vždy stejné polohy a tuhého upnutí dorazů. U nastavitelných dorazů jsou použity šrouby

s šestihlannou hlavou a závitem k hlavě (snadné nastavení anebo výměna). Některé volné díly např. excentry, kolíky a podobně, jsou s příslušným dorazem spojeny řetízkem – aby nedošlo ke ztrátě a záměně. Složitější sklopné dorazy mohou sloužit zároveň jako upínka (obr. 32 pozice 5). V upínací desce dorazů jsou pro šrouby drážky (obr. 33 pozice 6) pro snadné seřízení. Posuvné a pohyblivé části jsou pro snadný pohyb namazány mazacím tukem a mimo funkčních ploch je přípravek natřen antikoročním nátěrem.

K tomu, aby se zamezilo nežádoucímu posunu ustaveného dílu, slouží upínky (obr. 32 pozice 6). Mohou být součástí přípravků (stacionární), nebo volné, například různé ruční svěrky. V tomto případě jsou použity oba zmíněné druhy upínek. Aby bylo zajištěné vytažení bočnice pravé z přípravku, jsou použité otočné upínky se šroubem s opěrkou (opěrka slouží proti otláčení upínaného dílu) a posuvnou rukojetí (pro zvětšení páky při upínání).

Do opracovaného rámu jsou zašroubované dorazy rotačního tvaru (obr. 32 pozice 7). Protože jsou nejvíce zatěžovány, jsou vyrobeny z ušlechtilé oceli, která se dá cementovat a kalit (např. materiál 12 020, 14 220). Po opotřebení se dají nahradit novými.

Dále přípravek se skládá ze vzornic (obr. 32 pozice 8).



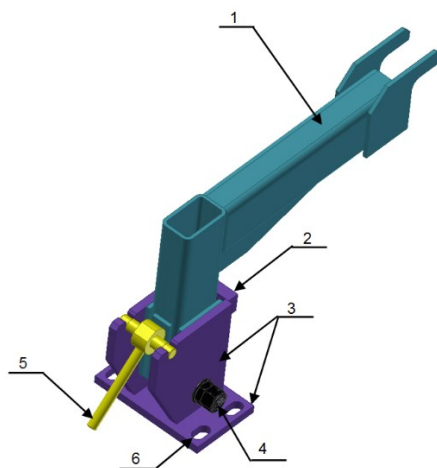
Obr. 33 Přípravek – popis dorazů, upínek

Po vyrobení všech sestav, podsestav a dílů bude přípravek podle dokumentace zkompletován, označen a seřízen přenosným 3D měřícím ramenem. Před předáním přípravku pro malosériovou výrobu bočnic pravých, bude v něm pečlivě složen první kus bočnice, ta bude proměřena dle výrobní dokumentace. Pokud některé rozměry budou mimo předepsanou toleranci, je nutno přípravek znovu seřídit.

9.2.1 Podsestavy

Sklopný doraz

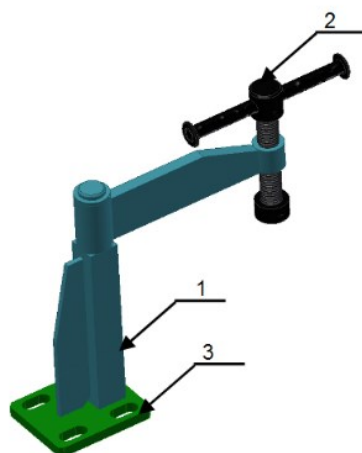
Skládá se ze základního svařence (*obr. 33 pozice 1*), dorazu (*obr. 33 pozice 2*), desek (*obr. 33 pozice 3*), které jsou opracovány na požadovanou drsnost. V upínací desce dorazů jsou pro šrouby drážky (*obr. 33 pozice 6*) pro snadné seřízení. Dále se skládá z čepu, podložky, dvou matic (*obr. 33 pozice 4*) a excentru (*obr. 33 pozice 5*). Po vyjmutí excentru ze sklopného dorazu se dá se základní svařencem pootočit kolem osy čepu, tak abychom mohli vyjmout bočnici z přípravku.



Obr. 34 Sklopný doraz - podsestava

Upínka

Upínka se skládá ze základního svařence (*obr. 34 pozice 1*), šroubu (*obr. 34 pozice 2*), a opracované desky (*obr. 34 pozice 3*) ze spodní strany.



Obr. 35 Upínka - podsestava

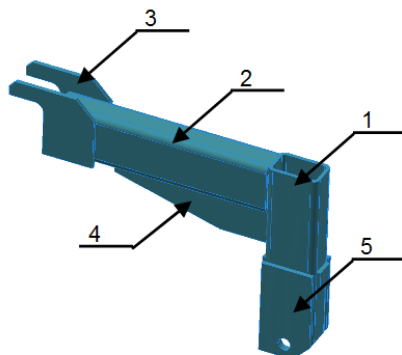
9.2.2 Základní svařence

Rám

Viz kapitola: Konstrukce přípravku, obr. 30 a 31.

Sklopný doraz

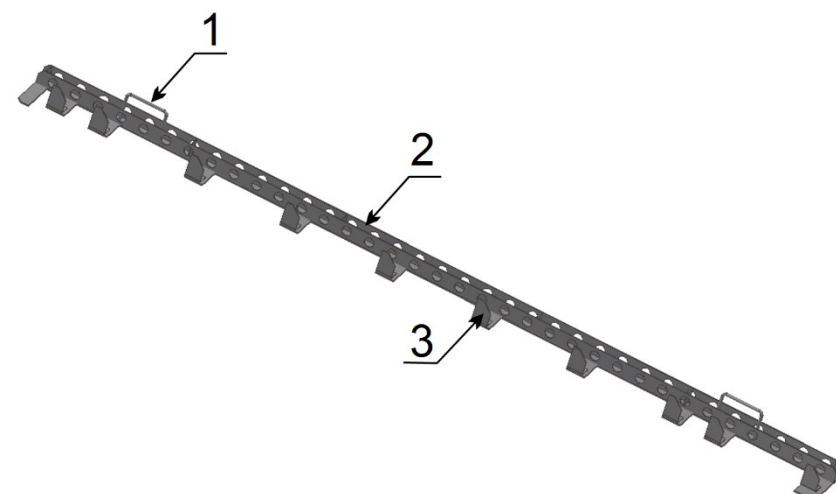
Svařenec sklopného dorazu obsahuje sloupek (*obr. 35 pozice 1*), rameno (*obr. 35 pozice 2*), doraz (*obr. 35 pozice 3*), výztuhu (*obr. 35 pozice 4*) a opracované desky (*obr. 35 pozice 5*).



Obr. 36 Sklopný doraz – základní svařenec

Vzornice

Vzornice obsahuje madlo (*obr. 36 pozice 1*), výztuhy (*obr. 36 pozice 2*) a dorazy (*obr. 36 pozice 3*)



Obr. 37 Vzornice – svařenec

9.2.3 Nakupované komponenty a normalizované součásti

V přípravku jsou použity jak normalizované součásti - šrouby, matice, podložky, řetízky, tak komponenty od různých dodavatelů např. regulovatelné páky, rychloupínky, magnety, ruční svěrky.



Obr. 41 Matice M20 ČSN 02 1403.15



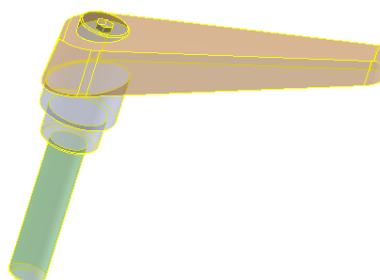
Obr. 40 Podložka 21 ČSN 02 1702.15



Obr. 39 Šroub M12 x 35 ČSN 02 1143.25



Obr. 38 Magnet GN 50.2-HF-32



Obr. 42 Páka regulovatelná GN 101-25-M12-50-OR

Materiál šroubu ČSN 11 600 => Re = 295 MPa

Návrhu vyhovuje šroub M16 x 2.

Vzhledem k manipulaci s rozměrnými a těžkými díly, by mohlo dojít k poškození (ohnutí) šroubu M16, proto byl doporučen firmou VOP CZ šroub M24 x 3. U menších průměrů závitů také dochází při svařování k zanesení profilu závitu rozstříkem kuliček a nečistotami a tím k zadírání šroubu v matici.

$$P = 3 \text{ [-]}$$

$$d = D = 24 \text{ mm}$$

$$d_1 = D_1 = 20,752 \text{ mm}$$

$$d_2 = D_2 = 22,051 \text{ mm}$$

$$d_3 = D_3 = 20,319 \text{ mm}$$

Výpočet třecího odporu závitu na matici proti otáčejícímu pohybu šroubu [21]

$$M_{TZ} = F_{TZ} \cdot \frac{d_2}{2} \quad [\text{Nmm}] \quad (2)$$

$$M_{TZ} = F_{TZ} \cdot \frac{d_2}{2} = 2180,4 \cdot \frac{22,051}{2} = 24040 \text{ Nmm}$$

Výpočet vodorovné složky reakce [21]

$$F_{TZ} = F_0 \cdot \tan(\varphi' + \psi) \quad [\text{N}] \quad (3)$$

$$F_{TZ} = F_0 \cdot \tan(\varphi' + \psi) = 10000 \cdot \tan(9,8' + 2,5) = 2180,4 \text{ N}$$

Výpočet úhlu stoupání šroubovice závitu [21]

$$\Psi = \text{atan} \frac{P}{\pi \cdot d_2} \quad [^\circ] \quad (4)$$

$$\Psi = \text{atan} \frac{3}{\pi \cdot 22,051} = \underline{\underline{2,5^\circ}}$$

Výpočet třecího úhlu [21]

$$\varphi' = \text{atan} \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad [^\circ] \quad (5)$$

$$\varphi' = \text{atan} \frac{0,15}{\cos 60/2} = \underline{\underline{9,8^\circ}}$$

$$\alpha = 60^\circ \quad \text{pro metrický závit}$$

$$f_z = 0,15 \quad \text{součinitel smykového tření na závitu pro ocel – ocel, nemazáno}$$

Podmínka samosvornosti šroubové vazby [21]

$$\Psi \leq \varphi' \quad (6)$$

$$2,5 \leq 9,8$$

Výpočet dovoleného napětí [21]

$$\sigma_D = \frac{Re}{k_s} \quad [\text{MPa}] \quad (7)$$

$$\sigma_D = \frac{295}{2,1} = 140,5 \text{ MPa}$$

Výpočet namáhání v tlaku [21]

$$\sigma_d = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad [\text{MPa}] \quad (8)$$

$$\sigma_d = \frac{10000}{\frac{\pi \cdot 20,319^2}{4}} = \underline{\underline{30,8 \text{ MPa}}}$$

Výpočet smykového napětí [21]

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{F_o \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad [\text{MPa}] \quad (9)$$

$$\tau = \frac{10000 \cdot \frac{22,051}{2}}{\frac{\pi \cdot 20,319^3}{16}} = 66,9 \text{ MPa}$$

Výpočet Guestovy pevnostní hypotézy [21]

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_D \quad [\text{MPa}] \quad (10)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{30,8^2 + 4 \cdot 66,9^2} = 137,3 \text{ MPa}$$

$$137,3 \leq 140,5$$

Kontrola pevnostní podmínky [21]

$$\beta \cdot \sigma_d \leq \sigma_D \quad (11)$$

$$1,3 \cdot 30,8 \leq 140,5$$

$$40,4 \leq 140,5$$

9.3.2 Výpočet výšky matice

Výpočet nosné hloubky závitu [21]

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

$$H_1 = \frac{24 - 20,752}{2} = 1,6 \text{ mm}$$

Výpočet potřebného počtu závitu [21]

$$z \geq \frac{F_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} \quad [-] \quad (13)$$

$$z \geq \frac{F_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{10000}{\pi \cdot 22,051 \cdot 1,6 \cdot 20} = 4,5 \Rightarrow \text{volím 5 závitů}$$

Volím materiál matice ocel 11 600 \Rightarrow měrný tlak $p_D = 20 \text{ MPa}$

Výpočet výšky matice [21]

$$h_M = z \cdot P \quad [\text{mm}] \quad (14)$$

$$h_M = z \cdot P = 5 \cdot 3 = 15 \text{ mm}$$

9.3.3 Dimenzování páky

Síla lidské paže $F = 250 \text{ N}$

Materiál 11 600

$R_e = 295 \text{ MPa}$

Výpočet délky ramene páky [21]

$$L_P = \frac{M_K}{F} = \frac{2M_{TZ}}{F} \quad [\text{mm}] \quad (15)$$

$$L_P = \frac{2 \cdot 24040}{250} = 192,3 \text{ mm}$$

Výpočet průměru páky [21]

$$d_P \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F \cdot L_P}{\pi \cdot \sigma_{oD}}} \quad [\text{mm}] \quad (16)$$

$$d_P \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F \cdot L_P}{\pi \cdot \sigma_{oD}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 250 \cdot 192,3}{\pi \cdot 140,5}} = 15,2 \text{ mm}$$

Průměr páky volím $d_p = 16 \text{ mm}$

Výpočet dovoleného napětí v ohybu [21]

$$\sigma_{oD} = \frac{Re}{k_s} \quad [\text{MPa}] \quad (17)$$

$$\sigma_{oD} = \frac{295}{2,1} = 140,5 \text{ MPa}$$

Součinitel statické bezpečnosti volíme $k_s = 2,1 [-]$

Výpočet namáhání páky na ohyb [21]

$$\sigma_o = \frac{M_0}{W_0} = \frac{F \cdot L_p}{\frac{\pi}{32} \cdot d_p^3} \quad [\text{MPa}] \quad (18)$$

$$\sigma_o = \frac{250 \cdot 192,3}{\frac{\pi}{32} \cdot 16^3} = 119,6 \text{ MPa}$$

Kontrola páky na ohyb [21]

$$\sigma_o \leq \sigma_{oD} \quad [\text{MPa}] \quad (19)$$

$$119,6 \leq 140,5$$

9.3.4 Kontrola ramene upínky na ohyb

Výpočet namáhání ramene na ohyb [21]

$$\sigma_{oram} = \frac{M_0}{W_0} = \frac{F \cdot L_r}{\frac{b \cdot h^2}{6}} \quad [\text{MPa}] \quad (20)$$

$$\sigma_{oram} = \frac{M_0}{W_0} = \frac{10000 \cdot 195}{\frac{14 \cdot 60^2}{6}} = 226,2 \text{ MPa}$$

Výpočet dovoleného napětí ramene na ohyb [21]

$$\sigma_{oDram} = \frac{Re}{k_{sram}} \quad [\text{MPa}] \quad (21)$$

$$\sigma_{oDram} = \frac{330}{1,3} = 253,8 \text{ MPa}$$

Materiál 11 523 $\Rightarrow Re = 330 \text{ MPa}$

Součinitel statické bezpečnosti volím $k_{sram} = 1,3 [-]$

Kontrola ramene na ohyb [21]

$$\sigma_{oram} \leq \sigma_{oDram} \quad [\text{MPa}] \quad (22)$$

$$226,2 \leq 253,8$$

9.3.5 Kontrola svaru ramene

Kontrola na ohyb [21]

$$\tau_{\perp}^F = \frac{M o^F}{W_{osv}} \quad [\text{MPa}] \quad (23)$$

$$\tau_{\perp}^F = \frac{M o^F}{W_{osv}} = \frac{F \cdot L_r}{\frac{2 \cdot a_1 \cdot l^2}{6}} = \frac{10000 \cdot 195}{\frac{2 \cdot 11,3 \cdot 60^2}{6}} = 143,8 \text{ MPa}$$

Na zavaření ramene byl použitý svar oboustranný koutový a8 => a1 = a · √2

$$\tau_{\perp Dsv}^F = k_3 \cdot \frac{Re}{ksram} \quad [\text{MPa}] \quad (24)$$

$$\tau_{\perp Dsv}^F = 0,75 \cdot \frac{330}{1,5} = 165 \text{ MPa}$$

$$k_3 = 0,75 \text{ [21]}$$

$$ksram \text{ 1,2 [-]}$$

$$\tau_{\perp}^F \leq \tau_{\perp Dsv}^F \quad [\text{MPa}] \quad (25)$$

$$143,8 \leq 165$$

Kontrola na smyk [21]

$$\tau_{\parallel}^F = \frac{F}{2 \cdot S_{sv}} \quad [\text{MPa}] \quad (26)$$

$$\tau_{\parallel}^F = \frac{F}{2 \cdot S_{sv}} = \frac{F}{2 \cdot a_1 \cdot l} = \frac{10000}{2 \cdot 11,3 \cdot 60} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel Dsv}^F = k_4 \cdot \frac{Re}{ksram} \quad [\text{MPa}] \quad (27)$$

$$\tau_{\parallel Dsv}^F = 0,65 \cdot \frac{330}{1,5} = 143 \text{ MPa}$$

$$k_4 = 0,65 \text{ [21]}$$

$$\tau_{\parallel}^F \leq \tau_{\parallel Dsv}^F \quad [\text{MPa}] \quad (28)$$

$$7,4 \leq 143$$

Výsledné napětí [21]

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}^F}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}^F}{k_4}\right)^2} \quad [\text{MPa}] \quad (29)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{143,8}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{7,4}{0,65}\right)^2} = 192,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \beta \cdot \frac{Re}{ksram} \quad [\text{MPa}] \quad (30)$$

$$\sigma_D = 1 \cdot \frac{330}{1,5} = 220 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_D \quad [\text{MPa}] \quad (31)$$

$$192,3 \leq 220$$

9.4 Pevnostní analýza otočné upínky

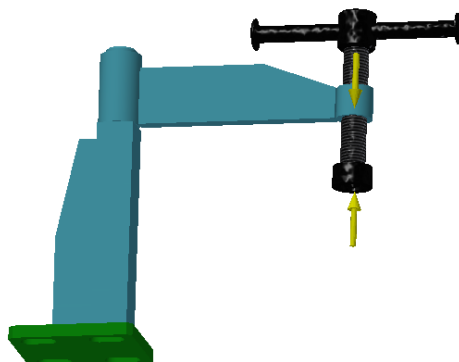
Pevnostní analýza byla provedena v softwaru Autodesk Inventor Professional 2015.

Definování síly, vazeb a dotyků v modelu upínky

Pro výpočet je nutné přiřadit vazby, dotyky mezi jednotlivými součástmi a zatěžující sílu.

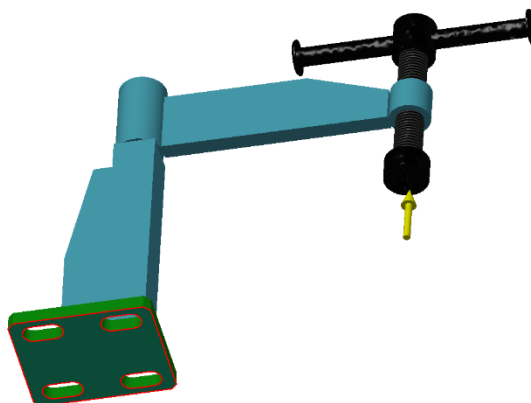
a) Síla: 10 000 N

Gravitace: 9 810 mm · s⁻²



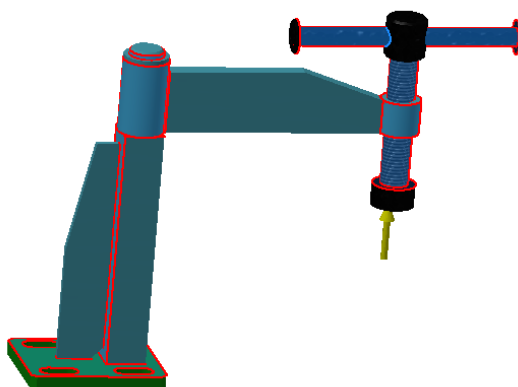
Obr. 44 Upínka – přiřazení síly, gravitace

b) Pevná vazba: odstraňuje všechny stupně volnosti



Obr. 45 Upínka – přiřazení pevné vazby

c) Dotyky vázané: váže dotykové plochy pevně k sobě



Obr. 46 Upínka – přiřazení dotyků

Definování sítě

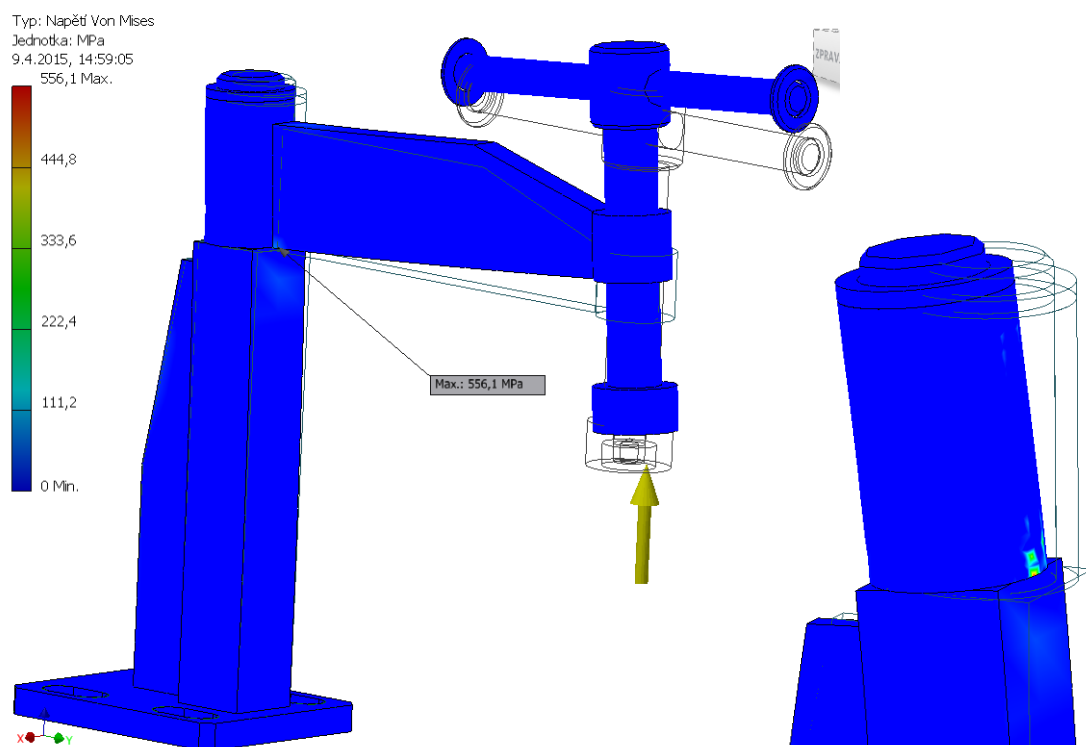
Počet uzlů: 33 955

Počet prvků: 19 208

Výsledky pevnostní analýzy

a) Napětí

Maximální napětí je okolo 556 MPa.

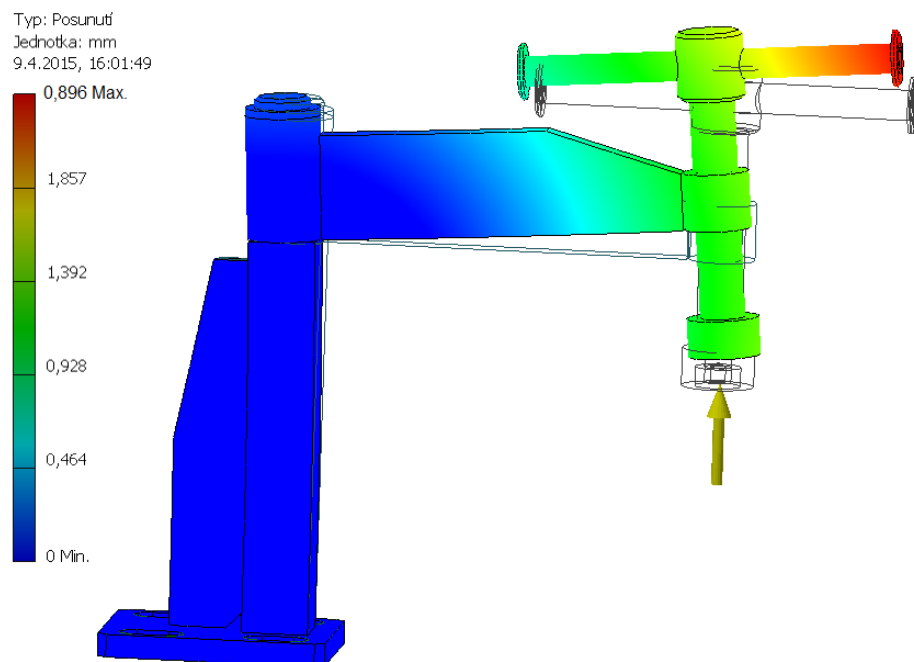


Obr. 48 Upínka – maximální napětí

Obr. 47 Detail maximálního napětí

b) Posunutí v ose y

Celkové posunutí je přibližně 1 mm.



Obr. 49 Upínka – posunutí v ose y

9.5 Postup stehování dílů v přípravku

Viz Příloha B

9.6 Použitý materiál

Ocel je označena podle ČSN v závorce podle WNr.

Materiál použitý na výrobu přípravku:

- trubky, U profily, uzavřené obdélníkové a čtvercové profily: materiál 11 353 (1.0309), 11 373 (1.0036)
- desky, podložky: 11 523 (1.0241)
- čepy, kolíky, šrouby: 11 600 (1.0060), 11 523 (1.0241)
- namáhané dorazy: 12 020 (1.1141), 12 050 (1.0503), 14 220 (1.7131)

Materiálové listy viz Příloha C.

10 Závěr

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem svařovacího přípravku pro podstavu drtiče kamene. Při navrhování funkčního modelu jsem se rozhodoval mezi dvěmi variantami. Varianta „A“ byla potom rozpracována do hrubé stavební struktury. Další kapitola se zabývá funkcí, konstrukcí, popisem vybraných podstav a svařenců svařovacího přípravku. V předposlední kapitola se věnuje kontrole otočné upínky.

Při navrhování svařovacího přípravku bylo nutno dodržet požadavky, které vychází ze zadání bakalářské práce.

ZADANÉ PARAMETRY	VYTVOŘENÉ PARAMETRY
Max. půdorysné rozměry 3 000 x 5 000 mm	Skutečné rozměry 1 164 x 3 672 mm
Hmotnost by neměla přesáhnout 1 200 kg	Skutečná hmotnost 941 kg
Výrobní cena přípravku by neměla přesáhnout 350.000 Kč	Skutečná cena bude známa až po vyrobení, odhadovaná cena 220.000 Kč
Přípravek vybavit oky pro manipulaci jeřábem po hale	Po obvodu rámu svařovacího přípravku jsou do U profilů přivařeny 4 kusy ok pro manipulaci
Navrhnout přípravek tak, aby se dal uložit jak na stůl SIEGMUND, tak mohly být použity samostatné nohy	Svařovací přípravek má ze spodní strany přivařeny a opracovány desky se závit, které slouží jako dosedací plocha na stoly SIEGMUND, nebo pro montáž vlastních noh

Tab. 4 Vyhodnocení zadaných a vytvořených parametrů

Zadané požadavky firmou VOP CZ byly splněny

Skutečná cena přípravku bude známa až po vyrobení, odladění a předání přípravku do výroby. Cenu můžeme prozatím určit na 220.000 Kč. Tato cena se určuje z ceny hutního materiálu např. profil U 120 mm – 19 Kč za kg, plech tloušťky 20 mm – 20 Kč za kg, TR 4HR 100 x 5 – 36 Kč za kg, KR 40 – 30 Kč za kg. Dále cena nakupovaných dílů např. šroub M16 x 35 – 5 Kč, páka regulovatelná – 168 Kč, páková svěrka Bessey – 3.880 Kč, rychloupínka AMF – 1.070 Kč. Celková cena na nákup materiálu je 57.000 Kč. Do ceny přípravku je započítána i výrobní cena. Přípravek bude vyroben přibližně za 330 hodin. Hodina v nástrojárně je 350 Kč. Cena výroby přípravku je 115.500 Kč. Cenu přípravku

ovlivňuje počet konstrukčních hodin. Počet konstrukčních hodin byl stanoven na 190 hodin. Konstrukční hodina stojí 250 Kč. Cena za konstrukční činnost je 47.500 Kč. [1]

Čas potřebný pro složení bočnice pravé bez svařovacího přípravku byl změřen na 17,8 Nh³. Čas pro složení bočnice pravé v přípravku byl stanoven (podle podobného výrobku bočnice levé) na 12,7 Nh. Z toho vyplývá úspora 5,1 Nh na jednu bočnici pravou. Navíc je při použití svařovacího přípravku zajištěna opakovaná výroba v předepsaných rozměrech včetně tolerancí podle výkresové dokumentace. [1]

3 Doba nutná pro provedení konkrétní práce vztažené ke kalkulační jednotci. Jednotka pracovního času, již je vyjádřena norma času potřebného pro určitou práci.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] VOP. CZ, s.p. [online]. [citováno 2014-10-6]. Dostupný z WWW:
www.vop.cz
- [2] ŘASA, Jaroslav. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003, 505 s.
ISBN 80-718-3284- 7.
- [3] Rozdělení přípravků [online]. [citováno 2014-10-15]. Dostupný z WWW:
http://www.technomat.cz/data/katedry/kom/KOM_PKY_PR_01_CZE_Karasek_De_finice_a_rozdeleni_pripravku.pdf
- [4] Definice přípravků [online]. [citováno 2014-10-15]. Dostupný z WWW:
http://www.technomat.cz/data/katedry/kom/KOM_PKY_PR_01_CZE_Karasek_De_finice_a_rozdeleni_pripravku.pdf
- [5] Mrkvica, M. *Přípravky a obráběcí nástroje-II. díl.: Přípravky*. VŠB Ostrava 1988,s.182
- [6] Rozdělení přípravků [online]. [citováno 2014-11-12]. Dostupný z WWW:
<http://sst.opava.cz/technologie/technologie.pdf>
- [7] Svařovací přípravek – obrázek [online]. [citováno 2014-11-20]. Dostupný z WWW:
<http://www.technocon.cz/index.php?page=realizace>
- [8] Montážní přípravek – obrázek [online]. [citováno 2014-11-26]. Dostupný z WWW:
http://www.konstrukce-foff.cz/galerie/montazni_pripravky.htm
- [9] Kontrolní přípravek – obrázek [online]. [citováno 2014-12-08]. Dostupný z WWW:
http://www.galatech.cz/Kontrolni-pripravky-c1_0_1.htm
- [10] Drtiče kamene [online]. [citováno 2014-12-08]. Dostupný z WWW:
<http://www.sandrok.cz/>
- [11] POLICKÝ, Zdeněk. *Úpravárenské stroje*: 1.vyd. Brno: Rektorát VUT v Brně, 1987. 20 s. ISBN (Brož.)
- [12] MALÁSEK, Jiří. *Stroje pro výrobu stavebních materiálů a stavebních dílců*: [online]. [citováno 2015-01-03]. Dostupný z WWW:
http://www.iae.fme.vutbr.cz/opory/NSM_SKRIPTA.pdf
- [13] Mobilní zařízení pro drcení kameniva [online]. [citováno 2014-12-08]. Dostupný z WWW:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16053

- [14] Semimobilní a mobilní technika. Přerov [online]. [citováno 2014-09-29]. Dostupný z WWW:
<http://www.pspeng.cz/CrushingAndScreening/Crushers/SemiMobileCrushingPlants.aspx>
- [15] Mobilní technika – typy podvozku [online]. [citováno 2015-02-02]. Dostupný z WWW:
<http://www.pspeng.cz/CrushingAndScreening/Crushers/SemiMobileCrushingPlants.aspx>
- [16] Kolový a pásový podvozek – obrázky [online]. [citováno 2014-10-26]. Dostupný z WWW:
<http://www.merkurtoys.cz/vyrobky/roboticke-a-mechatronicke-sety>
- [17] Firma Kleemann [online]. [citováno 2015-03-14]. Dostupný z WWW:
<http://www.kleemann.info/en/products/mobirex/mr-110-z-evo-2/>
- [18] Kleemann drtič kamene – obrázek [citováno 2014-09-30]. Dostupný z WWW:
<http://www.toyshop.cz/55/11030/KLEEMANN-MOBIREX-MR110Z-EVO>
- [19] HUBKA, V. *Konstrukční nauka: Obecný model postupu při konstruování*. Zürich: Heurista, 1995. 118 s. ISBN 80-90 1135-0-8.
- [20] LEINVEBER, J., VÁVRA, P., *Strojnické tabulky*. 4. doplňkové vydání. Praha 1: ALBRA, 2008. 914s.
- [21] Kaláb K.: Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací. Skripta VŠB-TU Ostrava, Editační středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1290-8

Seznam obrázků

Obr. 1 Pandur II 8x8 CZ [1]	10
Obr. 2 Šasi podvozku [1]	10
Obr. 3 Lžice bagru [1]	10
Obr. 4 Příklad svařovacího přípravku [7]	11
Obr. 5 Montážní přípravek světlometu [8]	12
Obr. 6 Kontrolní přípravek [9]	13
Obr. 7 Svařovací přípravek [7]	13
Obr. 8 Pneumatický upínač [4]	14
Obr. 9 Hydraulická upínací jednotka [4]	14
Obr. 10 Drtič kamene [17]	17
Obr. 11 Bočnice pravá [17]	17
Obr. 12 3D model bočnice pravé [1]	18
Obr. 13 3D model bočnice pravé [1]	18
Obr. 14 Model transformace	20
Obr. 15 Funkční schéma	21
Obr. 16 Technický proces	21
Obr. 17 Funkční struktura - hierarchicky funkční strom	22
Obr. 18 Orgánová struktura - blokové schéma	23
Obr. 19 3D model bočnice pravé	26
Obr. 20 Stanovení hrubé stavební struktury	26
Obr. 22 Doraz - hrubá stavební struktura	27
Obr. 21 Upínka - hrubá stavební struktura	27
Obr. 23 Sklopný doraz - hrubá stavební struktura	27
Obr. 24 Doraz + upínka - hrubá stavební struktura	27
Obr. 26 Doraz - hrubá stavební struktura	27
Obr. 25 Podložka - hrubá stavební struktura	27
Obr. 27 3D model bočnice pravé	28
Obr. 28 3D model přípravku	28
Obr. 29 3D model přípravku s bočnicí pravou	28
Obr. 31 Rám přípravku	30
Obr. 30 Rám přípravku	30
Obr. 32 Přípravek – popis dorazů, upínek	31
Obr. 33 Sklopný doraz - podsestava	32
Obr. 34 Upínka - podsestava	33
Obr. 35 Sklopný doraz – základní svařenec	33
Obr. 36 Vzornice – svařenec	34
Obr. 39 Magnet GN 50.2-HF-32	34
Obr. 40 39Šroub M12 x 35 ČSN 02 1143.25	34
Obr. 37 Podložka 21 ČSN 02 1702.15	34
Obr. 38 Matice M20 ČSN 02 1403.15	34
Obr. 41 Páka regulovatelná GN 101-25-M12-50-OR	34
Obr. 42 Schéma upínky	35
Obr. 43 Upínka – přiřazení síly, gravitace	41
Obr. 44 Upínka – přiřazení pevné vazby	41
Obr. 45 Upínka – přiřazení dotyků	42
Obr. 46 Detail maximálního napětí	42
Obr. 47 Upínka – maximální napětí	42
Obr. 48 Upínka – posunutí v ose y	43

Seznam tabulek

Tab. 1 Požadavkový list.....	19
Tab. 2 Morfologická matice.....	24
Tab. 3 Orgánová struktura (koncepční schémata)	25
Tab. 4 Vyhodnocení zadaných a vytvořených parametrů.....	44

Seznam příloh

Příloha A

Bočnice pravá

Příloha B

Technologický postup

Příloha C

Materiálové listy oceli

Výkresy

Číslo výkresu	Název	Druh výkresu
LS_SON0019_21	PRIPRAVEK STEHOVACI	SESTAVA
LS_SON0019_0286	DORAZ SKLONY	PODSESTAVA
LS_SON0019_0287	SVARENEC	PODSESTAVA
LS_SON0019_0288	SLOUPEK	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0289	RAMENO	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0290	DESKA	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0291	DESKA	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0292	DESKA	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0293	DORAZ	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0294	DESKA	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0295	DESKA P, L	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0296	DORAZ	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0297	CEP	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0298	EXCENTR	PODSESTAVA
LS_SON0019_0299	EXCENTR	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0300	CEP	VYROBNI VYKRES
LS_SON0019_0241	RUKOJET	VYROBNI VYKRES